

発明の名称

搬送用部材

TRANSPORT MEMBER

発明の背景

5 発明の分野

本発明は、搬送用部材に関し、例えば、産業用ロボット等に使用される搬送用部材等、より具体的には、半導体ウエハや液晶ガラス基板等を焼成処理用炉の内外に搬送する際に使用される搬送用部材等に関する。

関連する背景技術

10 半導体ウエハや液晶ガラス基板等（以下、「基板等」という）を高温（300℃程度）の焼成処理用炉内に搬送するために、産業用ロボットが広く利用されている。近年、上記基板等の大型化に伴い、産業用ロボットにおけるそれら基板等が積載される部材、例えば、ロボットハンドやエフェクターと呼ばれる搬送用部材には、同等の曲げ剛性（曲げにくさ）を有する金属部材に比して、軽量で取り扱いやすい繊維強化プラスチック（以下、「FRP」という）、特に炭素繊維強化プラスチック（以下、「CFRP」という）が使用され始めている。

発明の概要

20 本発明者らは、このようなCFRP製の従来の搬送用部材について詳細に検討したところ、殊に高温環境下で大型の基板等を搬送する際に、曲げ剛性、振動減衰特性（振動しにくさ）、耐熱特性等が必ずしも十分ではないとの知見を得た。

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、軽量で取扱いやすいとともに、曲げ剛性、振動減衰特性及び耐熱特性に極めて優れ、高温環境下で大型の基板等を搬送する用途に十分適した搬送用部材を提供することを目的とする。

25 本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、繊維の配向方向が異なる一方向材の強化繊維を組み合わせることにより、単一部材の曲げ剛性を

高めなくとも、搬送用部材の上記諸特性を改善できることを見出し、本発明に到達した。

すなわち、本発明の搬送用部材は、本質的にFRPから成るものであって、このFRPが、当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの第1の層と、当該搬送用部材の長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $200 \sim 400 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの第2の層とを有することを特徴とする。

なお、本発明の搬送用部材は板状部材であっても筒状部材であってもよく、筒状部材である場合には、その軸方向を上記長手方向とする。また、FRPとしては、CFRPが特に好ましい。

このように構成された本発明の搬送用部材においては、第1の層及び第2の層のいずれかを単独で用いた場合に比して、両者の組み合わせによる相乗効果によって、それらの引張弾性率から想定される以上に優れた曲げ剛性が得られる。これに加え、第1の層及び第2の層のそれぞれの引張弾性率を適宜設定することにより、少なくとも何れか一層の対数振動減衰率を高め得るので、曲げ振動に対する振動減衰特性が格別に向上される。

また、曲げ剛性の向上により、例えば搬送用部材を電気炉へ出し入れする際の熱衝撃によって搬送用部材に熱荷重が印加されても、反りやたわみの発生を最小限に抑え得る。またさらに、曲げ剛性及び曲げ振動に対する振動減衰特性が格段に向上するので、強化繊維の使用量を低減し、搬送用部材をより軽量で取扱い易くすることも可能である。

具体的には、第1の層における一方向材の強化繊維の引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ であると、第1の層の対数振動減衰率を好適に高めることができ、搬送用部材の振動減衰特性を確実に且つ一層向上させることができる。また、第

2の層における一方向材の強化繊維の引張弾性率が200~400GPaであると、曲げ剛性の向上と搬送用部材全体の振動減衰特性の向上との調和を図り得る。

また、FRPが、搬送用部材の長手方向に対して+30°~+60°及び/又は-30°~-60°に配向し且つ引張弾性率が500~1000GPaである一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの第3の層を有すると好ましい。

このようにすれば、第3の層を構成する強化繊維が、第1の層及び第2の層をそれぞれ構成する強化繊維の配向方向に対して斜交するように配向されるので、搬送用部材のねじれに対する剛性（ねじれにくさ；以下「ねじれ剛性」という）を高めることができる。その結果、ねじれ振動が低減され、ねじれ振動に対する搬送用部材の振動減衰特性を向上させることができる。

この第3の層における一方向材の強化繊維の引張弾性率が500~1000GPaであると、第3の層における強化繊維の引張弾性率を、第1の層を構成する強化繊維の引張弾性率と同等にできるので、搬送用部材の上記斜交方向の曲げ剛性を、長手方向に対する曲げ剛性と同程度に向上させることが可能となる。

或いは、本発明による搬送用部材は、本質的にFRPから成るスキン層及びコア層を有するものであって、スキン層が、当該搬送用部材の長手方向に対して-20°~+20°に配向し且つ引張弾性率が500~1000GPaである一方向材の強化繊維を含む二以上の第1の層を有するものであってもよい。

好ましくは、コア層が、当該搬送用部材の長手方向に対して+75°~+90°及び/又は-75°~-90°に配向し且つ引張弾性率が200~400GPaである一方向材の強化繊維を含む少なくとも二以上の第2の層、或いは、当該搬送用部材の長手方向に対して+30°~+60°及び/又は-30°~-60°に配向し且つ引張弾性率が500~1000GPaである一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの第3の層を有するものであると好適である。

より具体的には、第1の層及び/又は第3の層における一方向材の強化繊維がビッチ系炭素繊維であり、第2の層における一方向材の強化繊維がポリアクリロ

ニトリル系（以下、「PAN系」という）炭素繊維であることが望ましい。

第1の層及び／又は第3の層の強化繊維にビッチ系炭素繊維を用いると、上述した第1の層及び／又は第3の層における好ましい引張弾性率を達成し易く、また、第2の層の強化繊維にPAN系炭素繊維を用いると、上述した第2の層における好ましい引張弾性率を達成し易い利点がある。換言すれば、ビッチ系炭素繊維及びPAN系炭素繊維を、それぞれ第1の層及び第2の層の強化繊維として用いれば、強度（曲げ剛性）及び振動減衰特性に特に優れた搬送用部材を得ることができる。

より具体的には、本発明による搬送用部材は、CFRPから成るスキン層とコア層とが積層されて成るものであって、スキン層が、当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である第1の炭素繊維を含有する第1の層と、その長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び／又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $200 \sim 400 \text{ GPa}$ である第2の炭素繊維を含有する第2の層とを有してもよい。

また、当該搬送用部材の前記長手方向の曲げ弾性率が、好ましくは $200 \sim 800 \text{ GPa}$ 、より好ましくは $220 \sim 700 \text{ GPa}$ であり、当該搬送用部材の短手方向の曲げ弾性率が、好ましくは $30 \sim 100 \text{ GPa}$ 、より好ましくは $400 \sim 900 \text{ GPa}$ であることが望ましい。これにより、搬送用部材の短手方向の剛性を向上しつつ、長手方向の剛性を高く維持できる利点がある。

さらに、上記スキン層及び上記コア層が、下記式（1）；  
$$(Ts + Tc) \times 0.2 \leq Ts \leq (Ts + Tc) \times 0.4 \quad \cdots (1)$$
で表される関係を満たすものであると有用である。ここで、式中、Tsはスキン層の厚さを示し、Tcはコア層の厚さを示す。

このTsが $((Ts + Tc) \times 0.2)$ 未満であると、十分な曲げ剛性及び振動減衰特性が得られない。一方、Tsが $((Ts + Tc) \times 0.4)$ を超えると、必

要以上に十分な曲げ剛性及び振動減衰特性が得られ、且つ、スキン層の厚さの増加に対して曲げ剛性の増大傾向が緩慢となる傾向にある。したがって、上記式(1)を満たすようにスキン層及びコア層の厚みを調節することにより、必要最小限のFRP使用量で十分な曲げ剛性及び振動減衰特性を達成でき、軽量化及び経済性の観点からも有利となる。

なお、本発明においては、例えば、搬送用部材が全てCFRPから構成される場合には、上記の $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ に配向する層、つまり第2の層は、コア層の全部又は一部を構成する。一方、後述する実施形態に示すように、搬送用部材がハニカム等のCFRP以外の構成部材を含む場合には、第2の層はスキン層の一部を構成する。かかる関係は、上記式(1)においても考慮される。

さらに、上記スキン層における第1の層の体積が、好ましくは20~100容量%(第1の層のみの場合もあり得る)、より好ましくは50~80容量%であると好適であり、或いは、第2の層の体積(スキン層又はコア層を構成するいずれの場合も含まれる)が、好ましくは0~80容量%、より好ましくは20~50容量%であると好適である。

スキン層における第1の層の体積と第2の層の体積との割合が、このような好適な体積割合の範囲を外れると、搬送用部材の長手方向及び短手方向のうちいずれか一方の曲げ剛性が他方向よりも極端に高められることとなる。したがって、第1の層と第2の層との体積割合を上記の範囲とすることにより、搬送用部材の長手方向及び短手方向における曲げ剛性のバランスが良好に保たれる。

また、搬送用部材は、通常、特に長手方向の曲げ剛性が要求され、第1の層の体積割合が20容量%未満となると、搬送用部材の長手方向の曲げ剛性を十分に確保し難い傾向にある。よって、第1の層、及び、第2の層の体積割合を上記範囲とすれば、搬送用部材の長手方向における十分な曲げ剛性が得られる。

さらに、上記コア層における第3の層の体積が、好ましくは0~20容量%(第

3の層を使用しない場合もあり得る。)、より好ましくは5~20容量%であつても好適である。この第3の層の体積割合が20容量%を超えると、搬送用部材のねじれ剛性の向上効果が飽和する傾向にある。よつて、第3の層の体積割合を上記の範囲内とすることにより、搬送用部材に対して第3の層の使用量に応じたねじれ剛性を確実に付与できる。

更に具体的には、当該搬送用部材の曲げ振動に対する対数振動減衰率が、好ましくは0.01~0.05、より好ましくは0.02~0.05であると一層好適である。

また、コア層のかさ比重が、好ましくは0.03~1.7、より好ましくは0.3~0.5の範囲内の値であり且つスキン層のかさ比重よりも小さいと好適である。

さらに、コア層が、ハニカム、多孔体、波板、繊維強化プラスチック、又は、樹脂板、或いは、これらの二種以上を組み合わせたものから成ると有用である。

なお、以下、「 $\pm \theta a^{\circ} \sim \pm \theta b^{\circ}$ 」と記した場合は、「 $+ \theta a^{\circ} \sim + \theta b^{\circ}$ 」及び/又は「 $- \theta a^{\circ} \sim - \theta b^{\circ}$ 」であることを示す。例えば、「 $\pm 75^{\circ} \sim \pm 90^{\circ}$ 」とは、「 $+ 75^{\circ} \sim + 90^{\circ}$ 」及び/又は「 $- 75^{\circ} \sim - 90^{\circ}$ 」であることを示す。

また、本発明における強化繊維の「引張弾性率」及び「引張強さ」は、日本工業規格JIS R 7601に規定された方法で求められる値である。さらに、「繊維体積含有率」、「樹脂体積含有率」及び「空洞率」は、日本工業規格JIS K 7075に規定された方法で求められる値である。

またさらに、「曲げ弾性率」及び「曲げ強さ」とは、日本工業規格JIS K 7074に規定された方法で求められる値であり、「対数振動減衰率」とは以下に示すの方法によって求められる値である。

〈曲げ振動に対する対数振動減衰率〉

平板状試験体の片持ちばりを垂直に立てて下側を固定し、この片持ちばりを大気中で振動させ(加振は電磁式トランジェューサーを使用)、片持ちばりの中央部の

水平方向の変位を非接触型のセンサーで測定した。

変位信号は、アンプ、ADコンバーターを介してパーソナルコンピュータに取り込まれた。このとき、変位信号をパーソナルコンピュータに取り込む際のサンプリングタイムは1~10msec、サンプリングポイント数は4096ポイントとした。そして、変位信号のサンプリングデータに基づき、下記式(2)；

$$R = \ln(A_n / A_{n+1}) \quad \dots (2)$$

で表される関係により対数振動減衰率Rを算出した。ここで、式中、 $A_n$ 及び $A_{n+1}$ は、振動波形の一周期ごとの振幅を示す。また、 $\ln$ は $\log_e$ であること(自然対数であること)を示す。

なお、実際の計算において、近接する振幅の差が小さいときには、精度を向上させるため、間隔をあけた振動波形の振幅の比から求めた。このとき、対数振動減衰率Rは、下記式(3)；

$$R = \{\ln(A_n / A_m)\} / (m - n) \quad \dots (3)$$

で表される関係により求められる。ここで、式中、 $A_n$ はn番目の振動波形の振幅を、 $A_m$ はm番目の振動波形の振幅を示し、 $n < m$ である。また、 $\ln$ は $\log_e$ であること(自然対数であること)を示す。

〈ねじり振動に対する対数振動減衰率〉

図6に示すように、歪みゲージ71を貼り付けた筒状試験体72を、細径側を下にしておもり付き円盤73上に垂直に立て、太径側を万力74に固定した状態で、筒状試験体72を振動させる。このときのねじり歪みの振動波形を測定し、これに基づいて対数振動減衰率を算出する。

ねじり歪みの測定は、純粋なねじり歪みが得られるように二軸0/90°トルク測定用歪みゲージ二枚を用いて4アクティブゲージ法により行う。歪みゲージ71は筒状試験体72の細先端部から所定の距離の位置二箇所に貼り付ける(一つのみ図示)。

歪み信号は、ブリッジボックス、動歪み計、ADコンバーターを介してパーソ

ナルコンピューターに取り込ませる。このとき、歪み信号をパーソナルコンピューターに取り込む際のサンプリングタイムは0.1~1msec、サンプリングポイント数は1000~8192ポイントとした。

- 5 また、筒状試験体72の細先端は、周方向に質量が均等に配分されているおもり付き円盤73に、その中心と筒状試験体72の軸とが一致するように固定する。この円盤73上のおもり75の大きさ、材質、使用枚数を変えることによって、筒状試験体72の軸まわりの慣性モーメントを変えることができる。

- 10 さらに、おもり付き円盤73の直径と円周との2つの交点に糸76を取り付け、曲げモーメントがかからないよう同時にそれら2本の糸76を引いて筒状試験体にねじりモーメントを与えた。その後、そのモーメントを一気に開放し、自由減衰振動させる。ねじりの振動の測定は、力が開放された直後から数秒間行う。そして、上述した曲げ振動に対する対数振動減衰率の算出方法と同様にして、ねじり振動に対する対数振動減衰率を算出する。

#### 図面の簡単な説明

- 15 図1は、本発明による搬送用部材の第1実施形態の構成を示す斜視図である。  
図2は、本発明による搬送用部材の好適な一実施形態を用いて基板を搬送している状態を模式的に示す断面図である。  
図3は、図1におけるA部の構造を示す斜視図である。  
20 図4は、本発明による搬送用部材の第2実施形態の構成を示す斜視図であり、心材を用いた場合の積層構造の一例を示す図である。  
図5は、本発明による搬送用部材の第3実施形態の構成を示す斜視図であり、搬送用部材を筒状体とした場合の構成の一例を示す図である。  
図6は、本発明におけるねじり振動に対する対数振動減衰率の測定を行っている状態を示す模式図である。

#### 25 好適な実施形態の説明

以下、添付図を参照して、本発明による搬送用部材の好適な実施形態を説明す



る。なお、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

図1は、上述の如く、本発明による搬送用部材の第1実施形態の構成を示す斜視図である。図1に示す搬送用部材1は、CFRPで形成されたスキン層11a、11b間にコア層12が積層されて成っており、長手方向（図示X軸方向）の一方の先端部が二つに枝分かれした形状を有している。そして、この枝分かれした先端部上に、基板2が載せられるようになっている。なお、このような形状を成す搬送用部材は、一般にエフェクターと呼ばれる。

この搬送用部材1は、枝分かれしていない部位（以下、「手元部」という）が固定され、いわゆる片持ちばりの状態で基板2を保持しながら搬送する（図2参照）。

つまり、図2に示す如く、搬送用部材1は、その手元部が支柱31と治具32a、32bとで構成される固定用具3に固定されている。そして、先端部に載せられた基板2を高温の電気炉4内に搬送し、基板2の焼成処理が行われる間その位置で基板2を保持し、焼成処理が終了すると基板2を電気炉4外へ搬送するようになっている。

図3は、図1に示すA部の構造を拡大して示す斜視図である。図示のように、スキン層11a、11bは、CFRPのプリプレグ111（第1の層）及びプリプレグ112（第2の層）が複数積層された構造を有している。

プリプレグ111は、図1に示す搬送用部材1の長手方向（X軸方向）に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ 、好ましくは $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の角度範囲 $\theta 1$ （図1参照）に配向されたビッチ系炭素繊維（第1の炭素繊維）を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPの一方向プリプレグである。

また、プリプレグ111に用いられるビッチ系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ500～1000GPa及び100～6000MPa（好ましくは3000～6000MPa）とされている。さらに、スキン層11a、11bに用いられるプリプレグ111の合計体積は、スキン層11a、11b全体の体積の50～80容量%とされている。

一方、プリプレグ112は、長手方向に対して $\pm 75^\circ \sim \pm 90^\circ$ 、好ましくは $\pm 80^\circ \sim \pm 90^\circ$ の角度範囲 $\theta 2$  (図1参照)に配向されたPAN系炭素繊維(第2の炭素繊維)を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPの一方方向プリプレグ又は二次元織物プリプレグである。

5 また、プリプレグ112に用いられるPAN系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ200~400GPa及び100~6000MPaとされている。さらに、スキン層11a, 11bに用いられるプリプレグ112の合計体積は、スキン層11a, 11b全体の体積の20~50容量%となっている。

10 プリプレグ111, 112は、図3に示すようにプリプレグ111が外側に、プリプレグ112が内側になるように積層されることが好ましく、また、複数のプリプレグ111, 112が交互に積層されて成ってもよい。

15 また、スキン層11a, 11bの合計厚さ及びコア層12の厚さは、それぞれ、搬送用部材1の全体厚さ(後述するクロス層としてのプリプレグ113の厚さは除く)の20~40%及び60~80%であると好ましい。すなわち、図3に示すようにスキン層11a, 11bの厚さをそれぞれ $t_1$ 及び $t_2$ とし、コア層12の厚さを $T_c$ としたときに、これらの厚さが下記式(4)；

$$T \times 0.2 \leq T_s \leq T \times 0.4 \quad \dots (4)$$

で表される関係を満たすことが望ましい。ここで、式中、 $T_s = t_1 + t_2$ であり、 $T = T_s + T_c$ である。

20 また、コア層12は、ハニカム状を成す心材121と、好ましくはプリプレグ123(第3の層)とが、図3に示す如く積層されて形成されてもよい。このプリプレグ123は、図1に示す搬送用部材1の長手方向(X軸方向)に対して $\pm 30^\circ \sim \pm 60^\circ$ 、好ましくは $\pm 35^\circ \sim \pm 55^\circ$ 、より好ましくは $\pm 40^\circ \sim \pm 50^\circ$ の角度範囲 $\theta 3$  (図1参照)に配向されたビッチ系炭素繊維(第3の炭素繊維)を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPである。

さらに、プリプレグ123に用いられるビッチ系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ500～1000GPa及び100～6000MPa（好ましくは3000～6000MPa）とされている。

このプリプレグ123の合計体積は、コア層12全体の体積の好ましくは0～20容量%（プリプレグ123を使用しない場合も有りうる。）、特に好ましくは5～20容量%であると好適であり、このとき、心材121の体積はコア層12全体の体積の80～100容量%とされる。

そして、このように構成された搬送用部材1としての曲げ強さは、通常100～1000MPa、好ましくは200～800MPa、より好ましくは300～600MPaとなっている。また、搬送用部材1の長手方向の曲げ弾性率が、通常200～800GPa、好ましくは220～700GPaとされ、その短手方向の曲げ弾性率として、通常30～100GPa、好ましくは40～90GPaが達成される。さらに、面内長手方向の熱膨張係数は、通常 $-3.0 \sim 20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、好ましくは $-2.0 \sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、より好ましくは $-1.0 \sim 7.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とされている。

このような構成を有する搬送用部材1の製造方法としては、例えば、スキン層11a、コア層12、スキン層11bを構成するFRP等の層を順次成形して一体化された板状部材を作製し、この板状部材を所望の形状に機械加工することによって製造する方法が挙げられる。

FRP層の成形方法としては、本実施形態のようにプリプレグを用いる場合には、オートクレーブ成形法又はプレス成形法が好適である。また、他の成形方法としては、公知のハンドレイアップ法をはじめ、RTM（レジントランスファーマーモルディング）法、FW（フィラメントワインディング）法、SMC（シートモールドイングコンパウンド）法等が挙げられる。

特に、各層の密着性に優れる観点からは、これらのなかではプリプレグを用いたオートクレーブ成形法及びプレス成形法が好ましい。また、炭素繊維の高弾性

率を最大限に発揮させるには、ロービングヤーンを使用することが好ましい。

このように構成された搬送用部材1によれば、プリプレグ111（第1の層）及びプリプレグ112（第2の層）のいずれかを単独で用いた場合に比べ、両者の組み合わせによる相乗効果によって、それらの引張弾性率から想定される以上に優れた曲げ剛性が得られる。具体的には、同形状を有する従来の搬送用部材に比して、長手方向の曲げ弾性率が約2～10倍、短手方向の曲げ弾性率が約3～10倍に向上されるというように、曲げ剛性を格段に向上させることが可能となる。

また、CFRPのプリプレグは、成形体としたときに十分な振動減衰特性を発現することが望ましく、具体的な対数振動減衰率としては、炭素繊維のみを強化繊維とし、且つ、その繊維体積含有率が60容量%のCFRP（厚さ1.5mm）を試験体に用い、上述した〈曲げ振動に対する対数振動減衰率〉の測定方法にて説明したように、一方向材片持ちばりの状態で、1000 $\mu$ mの曲げ歪みを加えたときの対数振動減衰率が、通常0.01～0.05、好ましくは0.02～0.05であることが望ましい。

搬送用部材1のスキン層11a、11bに用いているプリプレグ111及びコア層12に用いているプリプレグ123は、このような対数振動減衰率を発現することが可能であり、搬送用部材1の振動減衰特性が十分に高められる。

さらに、上記の如く曲げ剛性が格段に向上されることによって、曲げ振動に対する搬送用部材1の振動減衰特性を格別に向上できる。またさらに、曲げ剛性が格段に向上されるので、搬送用部材1を電気炉4へ出し入れする際の熱衝撃によって搬送用部材1に熱荷重が印加されても、反りやたわみの発生を最小限に抑えることができる。さらにまた、曲げ剛性、及び曲げ振動に対する振動減衰特性が格段に向上されるので、CFRPの使用量を低減し、搬送用部材1をより軽量で取扱いやすいものにすることもできる。加えて、搬送用部材1の曲げ振動に対する対数振動減衰率は、先述の如く、好ましくは0.01～0.05、より好まし

くは0.02~0.05とされる。

加えて、コア層12を構成するプリプレグ123のビッチ系炭素繊維が、プリ  
プレグ111のビッチ系炭素繊維及びプリプレグ112のPAN系炭素繊維の配  
向方向に対して斜交するように配向されているので、搬送用部材1のねじれ剛性  
5 を高めることが可能となる。その結果、ねじれ振動が低減され、ねじれ振動に対  
する搬送用部材1の振動減衰特性を向上できる。

しかも、プリプレグ123のビッチ系炭素繊維の引張弾性率が、プリプレグ1  
11のビッチ系炭素繊維の引張弾性率と同等であるので、搬送用部材1の上記斜  
交方向の曲げ剛性を、長手方向に対する曲げ剛性と同程度に向上させることが可  
10 能となる。

また、プリプレグ111及びプリプレグ123の強化繊維としてビッチ系炭素  
繊維を用い、プリプレグ112の強化繊維としてPAN系炭素繊維を用いている  
ので、それら各プリプレグの強化繊維に要求される引張弾性率が極めて達成され  
やすく、各プリプレグを確実に得ることができる。したがって、搬送用部材1の  
15 曲げ剛性、振動減衰特性等を十分に改善できる。

さらに、スキン層11a、11bを構成するプリプレグ111の体積が、スキ  
ン層11a、11b全体の体積の50~80容量%となっており、また、スキン  
層11a、11bを構成する第2の層の体積が、スキン層11a、11b全体の  
体積の20~50容量%となっているので、搬送用部材1の長手方向及び短手方  
20 向における曲げ剛性のバランスを良好に保つことが可能となる。

またさらに、コア層12を構成するプリプレグ123の体積が、特に好ましく  
はコア層12全体の体積の5~20容量%であると、プリプレグ123の使用量  
に応じたねじれ剛性を、搬送用部材1に対して確実に付与することが可能となる。

さらにまた、スキン層11a、11bの合計厚さTsが上記式(4)に示す条  
25 件を満たすので、必要最小限のCFRP使用量で十分な曲げ特性及び振動減衰特  
性を達成でき、且つ、軽量性及び経済性にも優れた搬送用部材1を得ることがで

きる。

なお、プリプレグ111, 112の形態として一方向プリプレグのみではなく、二次元繊維プリプレグをそれらの一部又は全部に用いることもできる。この場合、二次元繊維プリプレグが一般に各プリプレグ間の接着性を向上できるので、積層

5

さらに、スキン層11a, 11bのプリプレグ112が一方向プリプレグではなく繊維プリプレグであれば、両面が凸凹形状を有しているので、一方向プリプレグであるプリプレグ111との密着性が向上される。

10

またさらに、スキン層11a, 11bの最表面側に位置するプリプレグを、表側が高繊維密度且つ平滑であって、裏側が低繊維密度且つ凸凹形状を有する二次元繊維プリプレグとすれば、スキン層11a, 11bの平滑性が高められる。さらにまた、各プリプレグのマトリックスとしてビスマレイミド樹脂を用いているので、搬送用部材1の耐熱特性を一層向上させることが可能である。

15

ここで、スキン層11a, 11bの曲げ剛性及びねじり剛性を高めて搬送用部材1の曲げ剛性及びねじり剛性を更に向上させるために、搬送用部材1の長手方向に対して $\pm 30^\circ \sim \pm 60^\circ$ 、好ましくは $\pm 35^\circ \sim \pm 55^\circ$ 、より好ましくは $\pm 40^\circ \sim \pm 50^\circ$ の角度範囲 $\theta 3$  (図1参照)に炭素繊維が配向したCFRPのプリプレグを、スキン層11a, 11bに付加してもよい。

20

このような炭素繊維としては、ビッチ系炭素繊維が望ましい。また、そのプリプレグの形態としては、例えば、一方向プリプレグが挙げられ、二次元繊維プリプレグを組み合わせて用いてもよく、それらを複数層積層して用いることができる。

25

また、このプリプレグのスキン層11a, 11bに対する体積率は、好ましくは0~30容量% (このプリプレグ使用しない場合も有りうる。)、特に好ましくは5~10容量%であると好適である。このとき、スキン層11a, 11bを構成するプリプレグ111, 112のそれぞれの体積率は、それらに好適な上述し

た範囲内で変動させることが可能である。

なお、プリプレグ111, 123を一方方向プリプレグとし、プリプレグ112を二次元繊維物プリプレグ又は一方方向プリプレグとしているが、プリプレグ111, 112, 123は、一方方向プリプレグであっても、二次元繊維物プリプレグであつても構わない。

また、二次元繊維物プリプレグの縦方向と横方向の繊維密度は、両方ともに同程度であってもよいし、異なってもよく、横方向と縦方向の繊維密度の比が、好ましくは60:40~98:2、より好ましくは65:35~90:10であることが望ましい。

このような二次元繊維物プリプレグの織り組織については特に制限がなく、例えば、平織り、綾織り、朱子織り、罎子織り、模紗織り、横しゃ織り等が用いられる。さらに、プリプレグ111, 112, 123は、他の一方方向強化又は二次元強化のプリプレグとしてもよい。二次元強化のプリプレグとしては、組布と呼ばれる不織布や他の不織布等を使用できる。

また、搬送用部材1を構成するスキン層11a, 11bが、一方方向プリプレグ（プリプレグ111）と二次元繊維物プリプレグ（プリプレグ112）の積層体であるときには、諸物性のバランスをとるために、一方方向プリプレグの方向と二次元繊維物プリプレグにおける高繊維密度の方向を直交させると好適である。

さらに、スキン層11a, 11bの最外層であるプリプレグ111の更に外側（最表面）に、繊維を含むクロス層としてのプリプレグ113を設けても好適である。このプリプレグ113の材料としては、引張弾性率が200~400GPaの炭素繊維、例えば、PAN系炭素繊維の繊維が用いられ、その織り組織については特に制限がない。そして、マトリックスとしてはビスマレイミド樹脂、エポキシ樹脂、シアネート樹脂、又はこれらを二種以上組み合わせたものを用いると好適である。

加えて、プリプレグ113から成る個々のクロス層の厚さは、0.1~0.7

mmであることが望ましい。プリプレグ113が二次元繊維物プリプレグである場合には、例えば、朱子織りであって一方向の繊維密度が高く、他方向の繊維密度が低いものを用いることができる。このようにすると、スキン層11a, 11bの表面の平滑性、及び一方向プリプレグとの密着性の観点から好適である。そして、このようなクロス層を搬送用部材1の最表面に設けると、搬送用部材1の表面のバリや毛羽立ちを防止することができる。

さらに、プリプレグ111, 112, 113, 123のマトリックスとしてビスマレイミド樹脂を採用しているが、他の樹脂であってもよく、熱硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂の広い範囲から目的に応じて適宜選択することができる。

熱硬化性樹脂としては、ビスマレイミド樹脂の他に、例えば、エポキシ樹脂、シアネート樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシアクリレート樹脂、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂、ビニルエステル樹脂、熱硬化性ポリアミド樹脂、メラミン樹脂等が挙げられる。そして、これらの樹脂を単独で或いは二種以上混合したものに強化繊維を含浸させることにより各プリプレグを製造できる。また、これらの樹脂には、物性や成形加工性を改良する目的で、可塑剤、安定剤、その他の各種添加物を加えてもよい。

また、プリプレグ111, 112, 113, 123は、炭素繊維以外の他の強化繊維として、例えば、ガラス繊維、金属繊維、セラミック繊維等を更に含有してもよい。ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弾性率の点では、各ガラス繊維とも大差がなく、経済性の観点からはEガラスが望ましい。

金属繊維としては、ステンレス繊維、銅繊維、ニッケル繊維、チタン繊維、タングステン繊維等が挙げられ、セラミック繊維としては、炭化ケイ素繊維、アルミナ繊維、炭化チタン繊維、窒化ホウ素繊維等を使用できる。

このような他の強化繊維を炭素繊維とともにプリプレグ111, 112, 113, 123に用いる場合には、炭素繊維の使用割合を、強化繊維の全体積の45



容量%以上にすることが望ましい。炭素繊維の容量割合が45容量%未満であると、スキン層11a, 11bに求められる物性強度を得られないおそれがある。

さらに、スキン層11a, 11bにおける強化繊維と、マトリックスである樹脂との好適な体積比は、強化繊維の繊維体積含有率 $V_f$ が通常30~80容量%、  
5 好ましくは40~70容量%であり、また、樹脂の樹脂体積含有率 $V_m$ が通常20~70容量%、好ましくは25~60容量%である。またさらに、スキン層11a, 11bのかさ比重は、好ましくは1.4~2である。

また、スキン層11a, 11bには、製造の際に、空洞（空隙）が不可避免的に発生してしまうことがあり、このときの空洞率 $V_v$ は、5容量%以下であると好ましく、特に、3容量%以下であることが望ましい。このような体積比にすれば、  
10 スキン層11a, 11bに必要な強度が発現されるCFRPを確実に得ることが可能となる。

またさらに、ハニカム状の心材121は、その形状や材質について特に制限はなく、材質としては、アルミニウム等の金属、ガラス、ポリカーボネート、芳香族ポリアミド（米国デュポン社製の“ノメックス”ハニカム等）、紙等が挙げられ  
15 る。

これらの材質から成る心材121は、例えば、金型内に熱可塑性樹脂を含むコンパウンドを充填し、その上にハニカム状に加工したものを置き、その上に更にコンパウンドを充填し、加熱、加圧成形することによって得られる。このとき、  
20 心材の主として表層部には若干量のコンパウンドが浸入し、そのまま固化される。こうして得られる心材121を用いると、コア層12のかさ比重が、好ましくは0.03~0.5、より好ましくは0.3~0.5程度とされて搬送用部材1の軽量化を一層図り得る。

また、他の材質から成るものとして、金属繊維、セラミックス繊維、ガラス繊維、炭素繊維又は他の有機質繊維等を用いた三次元織物や繊維集合体から成るハ  
25 ニカム状の心材も好適である。これら繊維質のものは、プリプレグ111, 11

2, 113, 123のマトリックスに用いられる前述の樹脂で固定することにより強度を向上させて用いるとより好ましい。

さらに、心材121は、ハニカム状以外の空隙を有するもの、例えば、多孔体、波板（コルゲート）状を成して空隙を有する構造体等を用いても好ましい。多孔体としては、例えば、ガラスバルーン、シラスバルーン、バーライト等の無機質中空フィラーが、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂等の熱硬化性樹脂で結着されたもの、連続気泡又は独立気泡を有する金属、プラスチック又はガラス等から成る発泡体、凝固の制御や溶媒抽出法によって得られる多孔質のプラスチック、樹脂で固定された金属繊維、セラミックス繊維、ガラス繊維、炭素繊維又は他の有機質繊維等を用いた三次元織物や繊維集合体等が用いられる。

これらのうちガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弾性率の点では、各ガラス繊維とも大差がなく、経済性の観点からはEガラスが望ましい。

またさらに、コア層12には、心材121に加えて又はその代わりに、FRPを用いることもできる。FRPの樹脂マトリックスとしては、ビスマレイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、エポキシ樹脂、シアネート樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシアクリレート樹脂、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂、ビニルエステル樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、メラミン樹脂等を利用でき、これらの樹脂を単独で或いは二種以上混合して使用可能である。また、これらの樹脂には、物性や成形加工性を改良する目的で、可塑剤、安定剤、その他の各種添加物を加えてもよい。

また、その強化繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、セラミック繊維、金属繊維等を使用できる。これらのうち、経済性の観点からはガラス繊維が好ましいものの、軽量性及び高剛性が要求される場合には、炭素繊維が好ましい。このとき、PAN系炭素繊維を使用すれば、かさ比重をより小さくすることができ、こ

のときのかさ比重は1.4~1.7とされ得る。

ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弾性率の点では各ガラス繊維とも大差がなく、経済性の観点からは、Eガラスが望ましい。また、これらの繊維は、短繊維でも長繊維でもよく、

5 連続繊維であってもよい。

このFRPにおける強化繊維の強化形態としては、一方向強化、二次元強化、マット、フェルト等を用いることができる。一方向強化としては一方向プリプレグが好ましく用いられ、二次元強化としては二次元織物プリプレグを用いることが好ましい。また、一方向強化の場合は、強化繊維が炭素繊維から成る一方向材

10 が好ましく使用される。この場合には、炭素繊維を長手方向に対して $\pm 75 \sim \pm 90^\circ$  及び/又は $\pm 30 \sim \pm 60^\circ$  に配向することができる。このとき、炭素繊維として、引張弾性率が200~400GPaのものを好ましく使用できる。

なお、コア層12に配向方向が $\pm 75 \sim \pm 90^\circ$  の層を用いる場合には、スキン層11a, 11bに配向方向が $\pm 75 \sim \pm 90^\circ$  の層を用いなくとも、十分な

15 強度及び剛性を有する搬送用部材1を得ることが可能である。

また、コア層12には、樹脂板を用いることもできる。樹脂としては、ビスマレイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、エポキシ樹脂、シアネート樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシアクリレート樹脂、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂、ビニルエステル樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、メラミン樹脂等を利用でき、これらの樹脂を単独で或いは二種以上混合して使用可能である。また、

20 これらの樹脂には、物性や成形加工性を改良する目的で、フィラー、顔料、可塑剤、安定剤、その他の各種添加物、等を加えてもよい。

フィラーとしては、マイカ、アルミナ、タルク、微粉状シリカ、ウォラスナイト、ゼオライト、カーボンブラック、塩基性硫酸マグネシウム、炭酸カルシウム、

25 ポリテトラフルオロエチレン粉末、亜鉛末、アルミニウム粉、有機微粒子（アクリル微粒子、エポキシ樹脂微粒子、ポリアミド微粒子、ポリウレタン微粒子等）

等を使用できる。そして、このような樹脂板を使用したときのかさ比重は、0.8～1.4とされる。

以下、本発明による搬送用部材の第2及び第3実施形態についてそれぞれ説明する。図4は、上述したように、本発明による搬送用部材の第2実施形態の構成を示す斜視図であり、多孔体等から成る心材を用いた搬送用部材の積層構造の一例を示す図である。

搬送用部材5は、スキン層51a、51bとコア層52との積層体であり、図1に示す搬送用部材1と同様の形状を成している。また、スキン層51a、51bは、搬送用部材1を構成するスキン層11a、11bと同様の材質及び構成とされており、両者の最表面にはそれぞれクロス層53a、53bが設けられている。ただし、この場合、クロス層53a、53bはスキン層11a、11bに含まれないものとする。

コア層52は、上述した多孔体から成る多孔体層52aと、CFRP及びガラス繊維強化プラスチック（以下、「GFRP」という）のプリプレグから成る積層体52bとで形成されている。

このような多孔体層52aは、平均粒子径が100 $\mu$ m以下、且つ、かさ比重が0.5以下、好ましくは0.3以下であるような無機質中空フィラーと、未硬化の熱硬化性樹脂とを一緒に混合して成るコンパウンドを、金型を用いて所望の形状に加熱及び加圧成形することによって製造されると好適である。

このとき、無機質中空フィラーと樹脂との混合割合は、多孔体層52aの形状、寸法、用途等によって異なるものの、通常は、重量比で1:3～2:1程度である。このようにすれば、多孔体層52aの表面を平滑にでき、積層体52bとの接合性が向上されるとともに、一層の軽量化を図ることが可能となる。具体的には、上記のかさ比重の無機質中空フィラーを用いると、かさ比重が0.4～0.6程度と極めて軽量な多孔体層52aが得られる。

また、多孔体層52aに上述のハニカム状を成す心材121を組み合わせ用

いてもよい。さらに、積層体52bを構成するCFRPのプリプレグの全体積は、コア層52全体の体積の好ましくは0~20容量% (このCFRPのプリプレグを使用しない場合も有りうる。)、特に好ましくは5~20容量%とされる。

またさらに、スキン層51a, 51bの厚さ $t_1$ 及び $t_2$ と、コア層52の厚さ $t_c$ とは、前述の式(4)で表される関係を満たすことが望ましい。ただし、この場合、 $t_c$ が式(4)における $T_c$ に相当する。

また、コア層52に軽量性が要求されるときには、ハニカム、多孔体等の使用により、スキン層51a, 51bと同等、或いは、より軽量のかさ比重にすることも可能である。この場合、コア層52のかさ比重としては、例えば、好ましくは0.3~1.7とすることができ、より好ましくは0.3~1.4である。

図5は、前述したように、本発明による搬送用部材の第3実施形態の構成を示す斜視図であり、搬送用部材を筒状体とした場合の構成の一例を示す図である。

搬送用部材6は、上述したプリプレグ111, 112が積層されたスキン層61と、GFRPのプリプレグ122及びCFRPのプリプレグ123が積層されたコア層62とが巻回された筒状体である。また、搬送用部材6はコの字状を成しており、長手方向としての図示Z軸方向(筒状体の軸方向)に伸びた部分に上述の基板2が載せられるようになっており、その部分の径は、先端に向かって徐々に細くなっている。

このような構成の搬送用部材6を形成する筒状体は、上記各プリプレグを、それらに含まれている炭素繊維の配向方向が図示Z軸方向に対して前述した角度範囲となるように、例えばマンドレル等に巻き付けることにより製造できる。

また、振動減衰特性を高めるために、搬送用部材6に用いられるプリプレグ111として、細径端部からある程度径が太くなるまでの部分に、引張弾性率が500~1000GPaのビッチ系炭素繊維を強化繊維として用いたプリプレグが配置され、残りの部分に主として引張弾性率100~600GPaのPAN系炭素繊維を用いたプリプレグが配置された置換プリプレグシートを用いると好まし

い。

さらに、同一の置換プリプレグシート内では、図5に示すように巻回された状態において、上記ビッチ系炭素繊維が図示Z軸方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ 、好ましくは $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の角度範囲に配向され、このビッチ系炭素繊維の配向方向に対してPAN系炭素繊維が、 $-5^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 、好ましくは $-2^{\circ} \sim 2^{\circ}$ の相対的な角度範囲内、より好ましくは実質同じ方向に配向されると好適である。

なお、上述した各実施形態では、スキン層11a, 11bをCFRPで形成し、コア層12をCFRP及び心材で形成したが、スキン層11a, 11bをCFRP、GFRP及び心材で形成し、コア層12をCFRPで形成してもよい。

また、コア層12を、CFRP、GFRP及び心材のうちいずれか一つの部材のみとしてもよく、FRPとしては他の繊維を含んでいても構わない。さらに、搬送用部材1, 5, 6は、二つに枝分かれした先端部又は二つの言わばアーム部を有しているが、このような枝分かれした先端部及びアーム部の数は三つ以上であってよく、平板状の搬送用部材1は枝分かれしていなくともよい。

またさらに、搬送用部材1, 5, 6の形状は基板等を載せることができれば、単純な平板状及び筒状以外の適宜の形状としてもよい。さらにまた、スキン層11a, 11b, 51a, 51b, 61及びコア層12, 52, 62を構成する各プリプレグの積層枚数及び積層順序は図示したものに限定されるものではない。

#### [実施例]

以下、本発明に係る具体的な実施例について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

#### 〈実施例1〉

##### (1) スキン層の作製

引張弾性率800GPaのビッチ系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が搬送用部材の長手方向となるべき方向に対して $0^{\circ}$ （すなわち同方向）となるように、ま

た、引張弾性率230GPaのPAN系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向に対して90°（すなわち直交方向）となるように、それぞれ複数を積層した。

- 5       これを、オートクレーブ処理し、厚さ約1.2mmのスキン層を作製した。なお、ビッチ系炭素繊維を用いた前者のプリプレグのスキン層における体積割合は75%とし、残りの25%はPAN系炭素繊維を用いた後者のプリプレグとした。
- (2) コア層の作製

- 10       引張弾性率600GPaのビッチ系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向となるべき方向に対して±45°となるように、且つ、コア層におけるこのプリプレグシートの体積割合が5%となるように複数積層し、また、残りの部分にはビスマレイミド樹脂を含浸させたガラス繊維から成るプリプレグを複数積層して厚さ約5.6mmのコア層を作製した。

- 15       (3) 搬送用部材の作製

- 二層の上記スキン層の間に上記コア層を配置させ接合した。さらに、両スキン層の表面に、引張弾性率230GPaの炭素繊維の織物（朱子織り、厚さ0.1mm）を貼付することによりクロス層を形成させて積層体を得た。この積層体を図1に示す搬送用部材1の形状に加工し、長さ1000mm×幅600mm（ただし、枝分かれ部の幅約20mm）×厚さ約8.2mmの搬送用部材1を作製した。
- 20

〈比較例1〉

- 25       引張弾性率230GPaのビッチ系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向に対して0°方向（すなわち同方向）となるように複数積層した後、この両面に上記実施例1と同じクロス層を形成させた厚さ約8.2mmの積層体を、上

記実施例1と同形状に加工して搬送用部材を作製した。

〈実施例2〉

全体の厚さを1.5mmとした(ただし、各プリプレグシートの体積割合、及びスキン層とコア層の厚さの比は実施例1と同様)こと、及び、クロス層を設け  
5 なかったこと以外は、上記実施例1と同様にして積層体(搬送用部材)を作製した。

〈比較例2〉

全体の厚さを1.5mmとしたこと、及び、クロス層を設けなかったこと以外は  
10 上記比較例1と同様にして積層体(搬送用部材)を作製した。

〈実施例3〉

(1) 成形板の作製

引張弾性率800GPaのビッチ系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイ  
ミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が搬送用部  
材の長手方向となるべき方向に対して0°(すなわち同方向)となるように、ま  
15 た、引張弾性率230GPaのPAN系炭素繊維を一方方向に引き揃えてビスマレイ  
ミド樹脂を含浸させて得た一方方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長  
手方向に対して90°(すなわち直交方向)となるように、それぞれ複数を積層  
し、さらにオートクレープ処理し、成形板を作製した。なお、上記0°層及び9  
0°層の全体厚みにおける体積割合を0°層:90°層=30%:70%とした。

(2) 搬送用部材の作製

上記(1)で作製した成形板の両スキン層の表面に、引張弾性率230GPa  
の炭素繊維の織物(朱子織り、厚さ0.1mm)を貼付することによりクロス層  
を形成させて積層体を得た。この積層体を図1に示す搬送用部材1の形状に加工  
し、長さ1000mm×幅600mm(ただし、枝分かれ部の幅約20mm)×  
25 厚さ約8.2mmの搬送用部材1を作製した。

〈熱衝撃試験〉



実施例1及び3で得た搬送用部材1に、図1に示す基板2とほぼ同形状の黒鉛板（重量約1kg）を載せた状態（位置は図1に示す基板2の位置）で、図2に示す大気中200℃の電気炉に10分間投入した。その後、炉外に取り出し、10分間室温に放置して空冷するという熱衝撃試験を50サイクル行った。その結果、反りや剥離等の異状は全く生じなかった。また、試験前後の重量変化も全くなかった。

次に、熱衝撃試験前後の搬送用部材1について、図2に示すような片持ちばりの状態で、先端両端部の自重たわみを測定した。その結果、実施例1及び3で得たいずれの搬送用部材の両端部とも衝撃試験前後のたわみ量に変化はなく、熱衝撃試験の前後における熱荷重によるたわみの増加が生じないことが確認された。以上の熱衝撃性試験の結果より、本発明の搬送用部材は十分な耐熱特性を有していることが理解される。

#### 〈曲げ試験〉

実施例1及び3並びに比較例1で作製した各搬送用部材を試験体として用い、曲げ弾性率を求めた結果を下記表1に示す。この試験結果より、本発明の搬送用部材は、曲げ剛性が従来に比して格段に向上されていることが確認された。

表1

項 目	実施例1	実施例3	比較例1
曲げ弾性率（長手方向）	230 GPa	300 GPa	110 GPa
曲げ弾性率（短手方向）	50 GPa	50 GPa	10 GPa

#### 〈振動試験〉

実施例2及び比較例2で作製した各搬送用部材を試験体として用い、この試験体に曲げひずみとして1000 $\mu\epsilon$ を印加し、前述したような測定及び算出方法

により、曲げ振動に対する対数振動減衰率を求めた。

その結果、実施例2の対数振動減衰率は約0.03であったのに対し、比較例2の対数振動減衰率は約0.009であった。このように、実施例2は比較例2の3倍強の対数振動減衰率を示した。この結果より、本発明の搬送用部材は、曲

5 げ振動に対する振動減衰特性が従来に比して格段に向上されていることが確認された。

以上説明したように、本発明によれば、軽量で取扱いやすいとともに、曲げ剛性、振動減衰特性及び耐熱特性に極めて優れ、高温環境で大型の基板等を搬送する用途に十分適した搬送用部材を得ることができる。

0005173-001001

10

## 請求の範囲

1. 本質的に繊維強化プラスチックから成る搬送用部材であって、  
前記繊維強化プラスチックが、

5 当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性  
率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの  
第1の層と、

当該搬送用部材の長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim$   
 $-90^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $200 \sim 400 \text{ GPa}$ である一方向材の強化  
繊維を含む少なくとも一つの第2の層と、

10 を有することを特徴とする搬送用部材。

2. 前記繊維強化プラスチックが、当該搬送用部材の長手方向に対して  
 $+30^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 及び/又は $-30^{\circ} \sim -60^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $5$   
 $00 \sim 1000 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維を含む少なくとも一つの第3の  
層を更に有する、ことを特徴とする請求の範囲第1項記載の搬送用部材。

15 3. 本質的に繊維強化プラスチックから成るスキン層及びコア層を有す  
る搬送用部材であって、

前記スキン層が、当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ に配  
向し且つ引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維を含む  
二以上の第1の層を有するものである、

20 ことを特徴とする搬送用部材。

4. 前記コア層が、当該搬送用部材の長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +9$   
 $0^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $200 \sim 400 \text{ G}$   
 $\text{Pa}$ である一方向材の強化繊維を含む少なくとも二以上の第2の層、或いは、当  
該搬送用部材の長手方向に対して $+30^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 及び/又は $-30^{\circ} \sim -6$   
25  $0^{\circ}$ に配向し且つ引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である一方向材の強化繊維  
を含む少なくとも一つの第3の層、を有するものである、

ことを特徴とする請求の範囲第3項記載の搬送用部材。

5. 炭素繊維強化プラスチックから成るスキン層とコア層とが積層されて成る搬送用部材であって、

5 前記スキン層は、当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $500 \sim 1000 \text{ GPa}$ である第1の炭素繊維を含有する第1の層と、

前記長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $200 \sim 400 \text{ GPa}$ である第2の炭素繊維を含有する第2の層と、

10 を有することを特徴とする搬送用部材。

6. 当該搬送用部材の前記長手方向の曲げ弾性率が $200 \sim 800 \text{ GPa}$ であり、当該搬送用部材の短手方向の曲げ弾性率が $30 \sim 100 \text{ GPa}$ である、ことを特徴とする請求の範囲第1項、第3項又は第5項に記載の搬送用部材。

7. 下記式(1)；

15  $(T_s + T_c) \times 0.2 \leq T_s \leq (T_s + T_c) \times 0.4 \quad \dots (1)$ 、

$T_s$ ：前記スキン層の厚さ、

$T_c$ ：前記コア層の厚さ、

で表される関係を満たす、

ことを特徴とする請求の範囲第3項又は第5項に記載の搬送用部材。

20 8. 前記スキン層における前記第1の層の体積が $20 \sim 100$ 容量%である、ことを特徴とする請求の範囲第3項又は第5項に記載の搬送用部材。

9. 前記第2の層の体積が $0 \sim 80$ 容量%である、ことを特徴とする請求の範囲第4項又は第5項に記載の搬送用部材。

25 10. 前記コア層における前記第3の層の体積が $0 \sim 20$ 容量%である、ことを特徴とする請求の範囲第4項記載の搬送用部材。

11. 当該搬送用部材の曲げ振動に対する対数振動減衰率が $0.01 \sim$



## 要約書

本発明の搬送用部材は、CFRPから成るスキン層と、コア層とが積層されたものである。スキン層は、搬送用部材の長手方向（X軸方向）に対して $-20^{\circ}$ ～ $+20^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $500\sim1000\text{GPa}$ である  
5 ビッチ系炭素繊維のプリプレグと、長手方向に対して $+75^{\circ}\sim+90^{\circ}$ 及び／  
又は $-75^{\circ}\sim-90^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が $200\sim400\text{GPa}$ であるPAN系炭素繊維のプリプレグとを有する。これにより、軽量で取扱い易く、しかも、曲げ剛性、振動減衰特性及び耐熱特性に極めて優れた搬送用部材が得られる。

10